

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION  
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété  
Intellectuelle  
Bureau international



(43) Date de la publication internationale  
12 septembre 2003 (12.09.2003)

PCT

(10) Numéro de publication internationale  
**WO 03/075620 A1**

(51) Classification internationale des brevets<sup>7</sup> : H05H 1/24

(72) Inventeurs; et

(21) Numéro de la demande internationale :

PCT/FR03/00669

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : DESTREZ, Philippe [FR/FR]; 29 RUE DES COUTURES, F-92190 MEUDON (FR). MAILLOT, Jean-Pierre [FR/FR]; 28 RUE DE ROME, F-78690 LES ESSARTS-LE-ROI (FR). FESQUET, Michel [FR/FR]; 3 RUE RENE BARTHELEMY, F-92160 ANTONY (FR).

(22) Date de dépôt international : 3 mars 2003 (03.03.2003)

(25) Langue de dépôt : français

(74) Mandataires : DAVID, Alain etc.; CABINET BEAU DE LOMENIE, 158 RUE DE L'UNIVERSITE, F-F-75340 PARIS Cedex 07 (FR).

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :

02/02718 4 mars 2002 (04.03.2002) FR

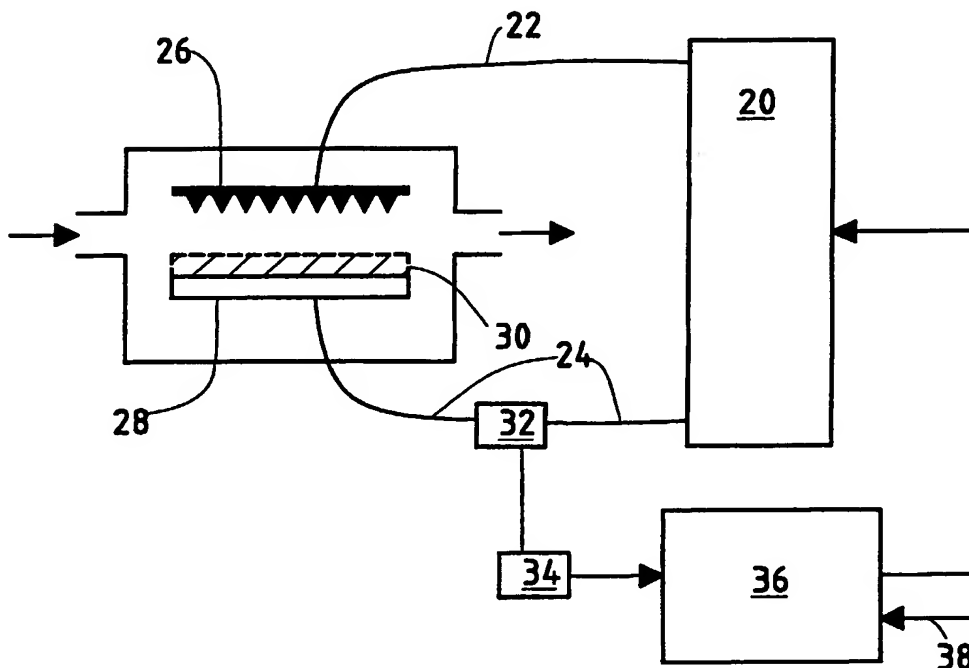
(81) États désignés (national) : AE, AG, AL, AM, AT (modèle d'utilité), AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ (modèle d'utilité), CZ, DE (modèle d'utilité), DE, DK (modèle d'utilité), DK, DM, DZ, EC, EE (modèle d'utilité), EE, ES, FI (modèle d'utilité), FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG,

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : ABSYS [FR/FR]; 361 AVENUE DU GENERAL DE GAULLE, F-92147 CLAMART (FR).

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: GAS GENERATOR FOR A STERILIZING SYSTEM

(54) Titre : GENERATEUR DE GAZ POUR UN SYSTEME DE STERILISATION



(57) Abstract: The invention concerns a plasma generating system comprising a high voltage generator (20) connected to at least two electrodes (26, 28) one of which comprises a high radius of curvature, or has a planar geometrical shape, and another comprises a low radius of curvature, said high voltage generator being controlled (32, 34, 36) so as to maintain constant the average frequency of current discharge occurrence between the electrodes.

[Suite sur la page suivante]

WO 03/075620 A1



KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK (modèle d'utilité), SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (régional) : brevet ARIPO (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SI, SK, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**Publiée :**

- avec rapport de recherche internationale
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

*En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.*

---

(57) **Abrégé :** Système de génération de plasma comportant un générateur de haute tension (20) relié à au moins deux électrodes (26, 28) dont une comporte un fort rayon de courbure, ou est de géométrie plane, et une autre comporte un faible rayon de courbure, ce générateur de haute tension étant commandé (32, 34, 36) de façon à maintenir constante la fréquence moyenne d'apparition des décharges de courant entre les électrodes.

## Générateur de gaz pour un système de stérilisation

### Domaine de la technique

La présente invention concerne un système de stérilisation par plasma à pression et température ambiante et plus particulièrement elle se rapporte à un générateur de gaz plasma pour un tel système.

### Art antérieur

Il existe aujourd'hui un certain nombre d'appareillages de désinfection ou de stérilisation fonctionnant sur la base d'un gaz biocide résultant d'un gaz plasma. En outre, beaucoup de ces appareillages ont recours à des dispositifs complexes de fabrication de vide.

Dans la demande de brevet WO 00/54819 déposée au nom de la demanderesse, les inventeurs ont proposé un nouveau procédé de stérilisation à pression atmosphérique et à température ambiante utilisant un plasma en post-décharge. Ce procédé qui donne toute satisfaction fonctionne à partir d'un mélange gazeux non-biocide (par exemple de l'air), la stérilisation se faisant en présence d'humidité. Cependant, avec Or, cette connaissance s'avère primordiale pour garantir une qualité constante dans le temps de la stérilisation.

Un capteur spécifique ciblé sur un gaz déterminé peut être éventuellement développé pour contrôler la présence de ce gaz dans la zone de stérilisation et donc indirectement l'efficacité du gaz stérilisant. Cependant de tels capteurs spécifiques ont un coût élevé et ils ne peuvent contrôler qu'une partie de ce gaz stérilisant.

Il est aussi possible de réaliser une analyse chimique à spectre large dans la décharge ou en sortie de source de plasma, ce qui demande un appareillage complexe et coûteux, tels qu'un spectromètre de masse (MS) ou un chromatographe en phase gazeuse (GC), comme décrit dans l'article de Zoran Falkenstein « *Ozone Formation with (V)UV-Enhanced Dielectric Barrier Discharges in Dry and Humid Gaz Mixtures of O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>/O<sub>2</sub>, and Ar/O<sub>2</sub>* » publié dans la revue « *Ozone Science And Engineering, Vol 21, 1999, p.583-603* ». Mais, la lenteur de mesure de ces appareils limite considérablement leur exploitation.

Il est également possible de réaliser une acquisition rapide du signal électrique traversant la source et d'intégrer le signal moyen, mais cela nécessite des systèmes d'acquisition et de calculs particulièrement rapides et donc coûteux. En effet, les signaux utiles à analyser sont de l'ordre de quelques nanosecondes, et nécessitent des cartes d'acquisition et d'analyse de débit dont l'échantillonnage est supérieur à 500 MHz,

comme l'expose l'article de O.Motret, C.Hibert, M.Nikravech, I.Gaurand, R.Viladrosa, J.M.Pouvesle, « *The Dependence of Ozone Generation Efficiency on Parameter Adjustment in a Triggered Dielectric Barrier Discharge* » publié dans la revue « *Ozone Science And Engineering, Vol 20, 1998, p.51-66* ».

#### Objet et description de l'invention

La présente invention a pour objet un système de génération de plasma qui permette par une mesure simple et économique cette garantie d'efficacité du gaz stérilisant.

Selon l'invention, il est proposé un système de génération de plasma comportant un générateur de haute tension relié à au moins deux électrodes dont une comporte un fort rayon de courbure (de préférence de géométrie plane) et une autre comporte un faible rayon de courbure, caractérisé en ce que ledit générateur de haute tension est commandé de façon à maintenir constante la fréquence moyenne d'apparition des décharges de courant allant de la au moins une électrode à faible rayon de courbure vers la au moins une électrode à fort rayon de courbure.

Lorsque le générateur de haute tension est un générateur alternatif sinusoïdal ou pulsé, le système de génération de plasma comporte avantageusement un isolant diélectrique insérée entre les électrodes. Selon le type de générateur, ledit générateur de haute tension peut comporter un transformateur à fort gain piloté par un transistor fonctionnant en commutation sous la commande d'un générateur de signaux basse tension de fréquence fixe déterminée et de rapport cyclique variable (cas d'un générateur à haute tension alternative sinusoïdale) ou bien il peut comporter un hacheur haute tension distribuant alternativement une haute tension continue positive et une haute tension continue négative à la au moins une électrode à faible rayon de courbure sous la commande d'un générateur de signaux basse tension de fréquence fixe déterminée et de rapport cyclique variable. (cas d'un générateur à haute tension pulsée).

Si le générateur est un générateur à haute tension continue, il peut comporter un montage redresseur disposé en sortie d'un transformateur à fort gain piloté par un transistor fonctionnant en commutation sous la commande d'un générateur de signaux basse tension de fréquence fixe déterminée et de rapport cyclique variable.

Selon le mode de réalisation envisagé, pour mesurer un signal représentatif des décharges de courant allant de la au moins une électrode à faible rayon de courbure vers la au moins une électrode à fort rayon de courbure, il peut comporter une résistance placée entre un

potentiel de masse et la au moins une électrode à fort rayon de courbure ou bien encore un transformateur de courant placé dans le circuit électrique d'alimentation des électrodes.

De préférence, il comporte en outre un filtre passe haut ou passe  
5 bande de façon à ne récupérer du signal mesuré que la partie  
représentative des décharges apparaissant entre les électrodes. Le signal  
mesuré et filtré est ensuite transformé, sur une période fixe déterminée,  
par un système de conversion en une tension continue déterminée  
représentative d'un nombre moyen de décharges électriques et ce nombre  
10 moyen de décharges mesuré est régulé par un système de régulation sur  
une valeur de consigne prédéfinie et correspondant à ladite fréquence  
moyenne d'apparition des décharges de courant.

L'invention concerne également tout système de stérilisation par  
plasma en présence d'humidité, à pression atmosphérique et à  
15 température ambiante, mettant en oeuvre le système de génération de  
plasma précité.

#### Brève description des dessins

L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description faite  
20 ci-après, à titre illustratif et non limitatif, en référence aux dessins annexés  
sur lesquels :

- . la figure 1 est un schéma de principe d'un ensemble de  
stérilisation par plasma,

- . la figure 2 est un schéma de principe d'un système de génération  
25 de plasma selon l'invention mis en oeuvre dans l'ensemble de stérilisation  
de la figure 1,

- . la figure 3 est un premier exemple de réalisation du système de  
génération de plasma de la figure 2 à haute tension alternative,

- . la figure 4 montre deux courbes mettant en liaison un nombre  
30 moyen de décharges et l'amplitude de la haute tension avec le rapport  
cyclique d'un générateur de commande basse tension,

- . les figures 5a à 5d sont des oscillogrammes représentant des  
mesures électriques réalisées en des points particuliers du système de la  
figure 3,

- . la figure 6 illustre une variante de réalisation du système de  
35 mesure du courant à partir d'un transformateur de courant,

- . la figure 7 montre une première variante de réalisation du  
système de génération de plasma de la figure 2 dans laquelle la haute  
tension est continue,

. la figure 8 montre une seconde variante de réalisation du système de génération de plasma de la figure 2 dans laquelle la haute tension est pulsée,

5 . les figures 9a à 9c sont des oscillogrammes représentant des mesures électriques réalisées en des points particuliers du système de la figure 8, et

. la figure 10 est diagramme représentant la distribution de la quantité de charge dans le temps dans le système de génération de plasma de l'invention.

10

#### Description détaillée de modes de réalisation

La figure 1 illustre un schéma de principe d'un système de stérilisation par plasma. Dans un tel système, une source de gaz non biocide 10 injecte du gaz non biocide dans un système de génération de plasma 12 qui génère un plasma biocide à partir du gaz non biocide et injecte le gaz biocide stérilisant ainsi formé dans une zone de traitement 14 comportant le ou les objets à stériliser 16. Le gaz sortant de cette zone est rejeté à l'extérieur de préférence après passage par un système 18 de filtration des résidus nocifs. La zone de traitement est étanche et soumise à température et pression ambiante. Le gaz biocide contenu dans la zone de traitement doit contenir un taux d'humidité relative supérieure à 50 %. Ceci peut être fait soit par humidification du gaz non biocide lors de sa génération, soit directement par injection d'un gaz humide (avantageusement le même gaz non biocide) au niveau de la zone de traitement. Le système de génération de plasma 12 peut (pour tout ou partie) être ou non séparé de la zone de traitement 14.

Dans un tel système de stérilisation par plasma, illustré par exemple par la demande de brevet internationale citée en préambule, pour produire le gaz stérilisant, il faut créer des décharges entre des électrodes, sans toutefois atteindre le régime de l'arc électrique. Cette production de décharges est l'objet d'un générateur de plasma qui applique une haute tension entre les électrodes et dont le rôle est aussi de garantir la qualité du gaz stérilisant issu de ces décharges. Or, l'usure naturelle des électrodes et les variations, même faibles, de géométries d'une électrode à l'autre, peuvent entraîner de fortes variations d'efficacité de la stérilisation. Pour garantir une efficacité constante, il importe donc d'asservir le générateur de plasma sur un paramètre indépendant de ces phénomènes et non, par exemple, sur l'amplitude de la haute tension

appliquée entre les électrodes qui s'avère ne pas être un bon paramètre de régulation.

C'est pourquoi, les inventeurs proposent d'asservir le générateur de plasma sur la quantité d'énergie transmise au gaz lors des décharges inter-électrodes. Toutefois, la mesure directe de cette quantité d'énergie n'étant pas aisée, les inventeurs proposent de recourir au dénombrement des décharges de courant parcourant le circuit d'alimentation des électrodes sur une période de durée largement supérieure au temps moyen entre deux décharges électriques.

En effet, la valeur moyenne des charges électriques de l'ensemble des décharges électriques apparaissant entre les électrodes pendant un temps donné est constante. De plus, à amplitude de tension inter-électrodes constante, l'apparition de ces décharges est régulière dans le temps. Cette constatation est illustrée par des résultats expérimentaux de mesures de la distribution de la quantité de charge traversant l'espace inter-électrodes effectuées par les inventeurs sur un système de stérilisation prototype, et représentées sur le diagramme de la figure 10.

L'essai a été réalisé sur 70 décharges, soit sur une durée de 500µs lors de notre expérience. On constate qu'il y a une majorité de décharges de courant contenues entre 0.30 nC et 0.60 nC.

On peut alors en déduire que le dénombrement de ces décharges de courant sur une période de durée largement supérieure au temps moyen entre deux décharges est suffisant pour évaluer la charge totale qui a traversé l'espace inter-électrode pendant cette même période, et donc l'énergie transférée au gaz pendant cette période. En effet, l'égalité suivante s'applique :

$$C_t = N_b * C_m$$

$C_t$  : Charge totale des décharges par unité de temps.

$N_b$  : nombre de décharges par unité de temps.

$C_m$  : Charge moyenne d'une décharge.

Pour illustrer ce qui précède, le tableau suivant donne le comportement stérilisateur d'un système de stérilisation prototype fonctionnant selon le principe de l'invention, pour le cas de stérilisation de spores de *Bacillus subtilis*.

L'indice « nombre de décharges » correspond à la moyenne du nombre de décharges par période du signal haute tension alternatif appliqué entre les électrodes et l'efficacité est donnée en temps de réduction décimale, à savoir le temps nécessaire pour diviser une population de spores par 10.

Ces résultats sont donnés pour différentes configurations de fonctionnement du système de stérilisation :

*Configuration 1* : débit de gaz = 2 l/min, distance inter-électrodes 2 mm.

*Configuration 2* : débit de gaz = 8 l/min, distance inter-électrodes 2 mm.

*Configuration 3* : débit de gaz = 4 l/min, distance inter-électrodes 0.6 mm.

Configuration	Nbre de décharges	Temps de réduction décimale (min.)
N°1	8	5.8
	12	4.5
	16	3
N°2	8	8.7
	16	2.5
N°3	8	3
	16	2.1

On constate donc que sur chaque configuration, la rapidité de stérilisation augmente avec le nombre de décharges. On notera également que ces mesures qui ont fait l'objet de plusieurs essais successifs ont fait apparaître une reproductibilité acceptable d'un essai à l'autre.

Une vue schématique d'un système de génération de plasma mettant en œuvre le principe ci-dessus est donnée à la figure 2. Il est organisé autour d'un générateur haute tension 20 qui alimente au travers de deux conducteurs électriques 22, 24 deux électrodes, ayant chacune un rayon de courbure très différent, pour produire entre elles une décharge électrique dite décharge « couronne ». L'électrode à faible rayon de courbure 26 est typiquement un fil ou une lame munie de pointes et l'électrode à fort rayon de courbure 28 une surface plane.

Lorsque le générateur est un générateur alternatif sinusoïdal ou pulsé et qu'un isolant diélectrique 30 est inséré entre les deux électrodes (par exemple, s'il recouvre l'électrode plane comme illustré) on parle de décharge plasma de type DBD (Décharge à Barrière Diélectrique). Cette



configuration de décharge plasma permet notamment de retarder le passage à l'arc électrique et d'accroître le transfert d'énergie au gaz par rapport à une configuration sans isolant mettant en œuvre un générateur continu (une telle configuration est illustrée à la figure 7).

5 Un système de mesure de courant 32 est monté en série avec le conducteur électrique 24 sur le trajet de la haute tension. Le courant mesuré, ou la tension équivalente, est transformé, sur une période fixe déterminée, par un système de conversion 34 en un nombre moyen de décharges électriques. Un système de régulation 36 élabore alors un  
10 signal de commande du générateur de tension 20 de façon à maintenir ce nombre moyen de décharges mesuré au plus proche d'une valeur de consigne 38 définie par l'utilisateur et correspondant à une fréquence d'apparition de décharge souhaitée.

On a ainsi réalisé une boucle de régulation ajustant l'amplitude de  
15 la haute tension de façon à garder constante la fréquence moyenne d'apparition des décharges de courant. Si la tension en entrée du régulateur est supérieure à la tension de consigne 38, cela signifie que la fréquence moyenne d'apparition des décharges est trop importante, et la tension de sortie du régulateur diminue alors linéairement jusqu'à ce que  
20 la tension d'entrée et la tension de consigne soient égales. Dans le cas contraire, ou la tension d'entrée est inférieure à la tension de consigne, cela signifie que la fréquence moyenne d'apparition des décharges est trop faible, et la tension de sortie du régulateur augmente linéairement jusqu'à ce que ces deux tensions soient à nouveau égales.

25 Une telle mise en œuvre est particulièrement appropriée car on constate que le nombre moyen de décharges sur un temps donné peut être contrôlé en agissant sur l'amplitude de la haute tension appliquée entre les électrodes, le contrôle étant réalisé selon la loi : Augmentation de l'amplitude de la haute tension -> augmentation du nombre de  
30 décharges, diminution de l'amplitude de la haute tension -> diminution du nombre de décharges.

Un exemple de réalisation préférentielle du système de génération de plasma à partir d'une haute tension alternative sinusoïdale est illustré en détail à la figure 3. Le générateur de haute tension alternative 20 est  
35 constitué d'un transformateur 40, typiquement de gain important, piloté par un transistor 42 fonctionnant en commutation. Le signal de commande 44 du transistor est élaboré par un générateur de signaux rectangulaires 46 de fréquence fixe et de rapport cyclique variable. La fréquence fixe de ce générateur est calculée pour coïncider avec la fréquence de résonance  
40 de l'ensemble transformateur/source plasma. Le rapport cyclique du

générateur de signaux est commandé par le signal de sortie du système de régulation 36.

Le système 32 de mesure du courant traversant l'espace inter-électrodes est constitué par une simple résistance 48 aux bornes de laquelle on vient prélever une tension proportionnelle au courant qui constitue le signal d'entrée du système de conversion. Ce système de conversion 34 comporte un filtre passe haut 50 pour retirer toute composante basse fréquence de ce signal d'entrée et ne garder que les composantes hautes fréquences résultant des décharges entre les électrodes. On notera, qu'il est aussi possible d'utiliser un filtre passe bande plus ou moins sélectif, de façon à ne récupérer que les composantes utiles du signal, et en particulier de façon à retirer les différents parasites et perturbations pouvant apparaître.

Le signal résultant en sortie du filtre passe ensuite par un comparateur 52 qui détecte le franchissement d'un seuil variable prédéterminé, défini par un potentiomètre de seuil 54, et délivre sous une forme logique les décharges de courant dépassant ce seuil. Ce signal logique est injecté dans un compteur binaire (ou fréquencemètre 56) synchronisé sur le signal 44 de commande du transistor et qui va mémoriser sous la forme d'une tension continue (via un échantillonneur-bloqueur) une valeur de comptage par période de mesure. La synchronisation est réalisée de façon à calculer une fréquence moyenne d'apparition des décharges sur une période fixe déterminée correspondant à un multiple (par exemple 16 fois) de la période du signal de commande. La tension de sortie du fréquencemètre, représentative de la fréquence d'apparition des décharges, est introduite dans le système de régulation 36 constitué par un comparateur 58 qui compare la tension de sortie avec une tension de consigne donnée par un potentiomètre d'ajustement de consigne 60. La sortie du comparateur sert de commande pour le pilotage du rapport cyclique du générateur de signaux rectangulaires 46 et donc pour l'ajustement de la haute tension au niveau du transformateur 40 (via le transistor de commutation 42).

La commande du rapport cyclique en fonction de ce signal de commande, qui sert à ajuster l'amplitude de la haute tension, est linéaire comme l'illustre la courbe 62 de la figure 4. Ce signal est minimum pour un rapport cyclique de 0 % et maximum pour un rapport cyclique de 100 %. En outre, on peut constater avec la courbe 64 qui donne la relation existant entre le rapport cyclique et le nombre de décharges moyen par cycle du signal apparaissant entre les électrodes, que le gain en boucle ouverte du régulateur est important, ce qui montre l'intérêt de

réguler sur le nombre moyen de décharges et non sur l'amplitude de la haute tension.

Le fonctionnement du système de génération de plasma sera maintenant explicité en regard des figures 5a à 5d qui montrent les évolutions des tensions et courants dans ce générateur pour différents rapports cycliques du signal de commande.

Sur les oscillogrammes de la figure 5a, le signal de commande 44 du transistor 42 présente un rapport cyclique fixé à 25 %. Le courant induit au travers du primaire du transformateur 40 suit classiquement la loi de comportement d'une inductance :  $U = -L \, di/dt$  et on observe donc sur la sortie 70 du transistor une progression linéaire du courant lorsque le transistor est saturé puis, lorsque le signal de commande 44 revient à une tension nulle, le transistor passant dans un état bloqué, une chute brutale de ce courant à une valeur nulle. Cette chute brutale induit à son tour une élévation importante de tension sur la sortie 70 du transistor qui peut atteindre les 100V pour une alimentation de quelques dizaines de volts (30v par exemple). Ce pic de tension sur le primaire du transformateur induit une haute tension sur la sortie 72 du secondaire qui, dans les conditions précitées et selon le gain du transformateur, peut atteindre 5 kV crête à crête.

On remarque enfin, que le fait d'avoir choisi pour le signal de commande 44 une fréquence égale à la fréquence de résonance de l'ensemble transformateur/source plasma permet d'avoir un signal de sortie haute tension 72 de forme quasi-sinusoïdale. La mesure de la tension 74 aux bornes de la résistance 48 montre, du fait du comportement capacitif de la source, une sinusoïde décalée de 90° que l'on retrouve, après passage au travers du filtre 50, sur une borne d'entrée 76 du comparateur 52. Toutefois, pour ce rapport cyclique, la tension en sortie du transformateur n'est pas assez élevée pour obtenir des décharges électriques et le comparateur ne détecte rien fournissant une tension nulle à sa sortie 78.

Sur les oscillogrammes de la figure 5b le signal de commande 44 présente un rapport cyclique fixé à 50 %. On voit clairement que le courant (en 70) traversant le primaire du transformateur 40 atteint maintenant des valeurs plus élevées que pour le cas précédent, ainsi que la tension (en 70) sur ce même primaire. Logiquement, la tension de sortie 72 du transformateur atteint une valeur supérieure au cas précédent, en l'espèce 10 kV crête à crête. Dans ce cas, la mesure de la tension aux bornes de la résistance laisse apparaître des décharges électriques prenant la forme de pics de tension. Après filtrage 50, le comparateur 52 dont la valeur de seuil fixée par le potentiomètre 54 est

maintenant dépassée, détecte les décharges existantes (soit environ 3 par période dans l'exemple illustré).

Enfin, sur les oscillogrammes de la figure 5c, le signal de commande 44 présente un rapport cyclique fixé à 75 %. Comme précédemment, l'augmentation du rapport cyclique induit une augmentation de la tension de sortie 72 du transformateur 40, par exemple 15 kV crête à crête, et le nombre de décharges détectées par le comparateur 52 est supérieur au précédent et en l'espèce égale à 6 par période par exemple.

L'évolution des signaux dans le système de régulation 36, lors de la mise en route du système, est illustré sur les oscillogrammes de la figure 5d. Pour des raisons de lisibilité de ces oscillogrammes, le système de conversion 34 est synchronisé sur le double de la période du signal 44 de commande du transistor. Ainsi, toutes les deux périodes de ce signal de commande, le comptage est remis à jour et donne une valeur moyenne de fréquence d'apparition des décharges sur deux périodes. Le signal de consigne 38, 80 est réglé à une tension fixe correspondant à une fréquence déterminée d'apparition des décharges (ici environ 6 décharges par période). Le rapport cyclique du signal de commande 44 augmente progressivement, ce qui induit une augmentation du nombre de décharges détectées en sortie 78 du comparateur 52. Le signal 82 de sortie du fréquencemètre 56 augmente alors progressivement par palier, toutes les deux périodes du signal de commande. Tant que le signal de sortie 82 est inférieur à la tension de consigne 80 fournie par le potentiomètre 60, la sortie 84 du régulateur 58 continue d'augmenter, ce qui induit une augmentation du rapport cyclique du signal de commande puis, lorsque ce signal de sortie devient égal à la tension de consigne, la sortie 84 du régulateur se stabilise, et le système est calé au nombre moyen de décharges désiré.

Une variante de réalisation du système de génération de plasma est illustré en détail à la figure 6. Dans cette réalisation, le système de mesure de courant 32 n'est plus constitué par une simple résistance mais réalisé sous la forme d'un transformateur de courant. Cette variante présente l'avantage d'isoler les circuits de mesure du circuit de haute tension et de réaliser la mesure où l'on souhaite dans ce circuit de haute tension. Ainsi, la figure 6 reprend l'essentiel des éléments de la figure 3 avec leur numérotation, à l'exception du système de mesure de courant qui est remplacé par un nouvel ensemble de mesure de courant 90. Celui-ci est composé d'une ferrite 92 traversée par le conducteur 22 transportant la haute tension et comprenant un fil 94 enroulé en spires dans la ferrite et servant à prélever une partie du courant. Une des deux extrémités du fil

est reliée à la masse tandis que l'autre part vers le filtre 50 du système de conversion 34 dont le fonctionnement reste identique à celui décrit en regard de la figure 3.

De même, les inventeurs ont constaté qu'il était possible d'obtenir  
5 un résultat identique avec une alimentation haute tension continue. La figure 7 montre le schéma électronique du système de génération de plasma correspondant. Les éléments identiques à ceux de la figure 3, correspondant à une haute tension alternative, portent les mêmes  
10 références. Par rapport à ce premier exemple de réalisation, la source de plasma ne comporte plus le diélectrique 30 utilisable uniquement dans le cas alternatif et la sortie 72 du transformateur 40 passe par un montage redresseur 96, par exemple à doublage de tension, avant de passer par la source. Ce système bien connu permet de transformer une tension  
15 alternative de  $xV$  crête à crête en une tension continue de valeur  $2 \times x V$ . Ainsi, la tension 22 appliquée aux bornes de la source est continue et est proportionnelle à l'amplitude de la tension 72 de sortie du transformateur 40. L'électronique de traitement des décharges électriques est par contre identique au cas précédent avec le système de mesure de courant 32, le système de conversion 34 et le système de régulation 36.

20 Une variante de réalisation de l'invention à partir d'une haute tension pulsée est illustrée à la figure 8 qui montre un schéma électronique d'une telle réalisation. Les éléments identiques à ceux du montage de la figure 3 portent les mêmes références.

La haute tension est maintenant une haute tension pulsée, c'est à  
25 dire une haute tension positive VHT+ et une haute tension négative VHT-, de même valeur absolue (5kV par exemple), fournies par un hacheur de haute tension 98 dont la sortie est reliée à l'électrode à faible rayon de courbure 26 par le conducteur 22. Ce hacheur comporte classiquement deux interrupteurs électroniques haute tension (par exemple des  
30 optocoupleurs haute tension 100 et 102) pilotés respectivement par le signal de sortie 44 du générateur de signaux basse tension 46, et par ce même signal inversé 104 par une porte logique 106.

Les différents signaux électriques que l'on peut observer sur cette  
35 variante de réalisation sont illustrés sur les oscillogrammes des figures 9a à 9c, pour différents cas de rapport cyclique du signal de commande 44. La tension appliquée alternativement sur l'électrode 26 est maintenant soit VHT+ soit VHT-, avec un rapport de durées respectives conforme au rapport cyclique du signal de commande 44, la durée du niveau VHT+ déterminant le nombre de décharges susceptibles d'apparaître entre les  
40 électrodes. Par exemple, pour une tension VHT+ de 5KV, on constate les correspondances suivantes :

- Rapport cyclique de 25% -> 2 décharges par alternance.
- Rapport cyclique de 50% -> 4 décharges par alternance.
- Rapport cyclique de 75% -> 6 décharges par alternance.

5 Comme pour les réalisations précédentes, ces décharges sont relevées aux bornes de la résistance 48 puis leur nombre est convertit en une tension 82 qui est régulée par rapport à la tension de consigne 80 selon le principe explicité précédemment en regard de l'organigramme de la figure 5d.

## Revendications

1. Système de génération de plasma comportant un générateur de haute tension (20) relié à au moins deux électrodes (26, 28) dont une  
5 comporte un fort rayon de courbure et une autre comporte un faible rayon de courbure, caractérisé en ce que ledit générateur de haute tension est commandé de façon à maintenir constante la fréquence moyenne d'apparition des décharges de courant allant de la au moins une électrode à faible rayon de courbure (26) vers la au moins une électrode à fort  
10 rayon de courbure (28).

2. Système de génération de plasma selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite électrode à fort rayon de courbure est de  
15 géométrie plane.

3. Système de génération de plasma selon la revendication 1 ou la revendication 2, caractérisé en ce qu'il comporte en outre un isolant diélectrique (30) insérée entre les électrodes et en ce que ledit générateur de haute tension est un générateur alternatif sinusoïdal ou pulsé (20).  
20

4. Système de génération de plasma selon la revendication 3, caractérisé en ce que ledit générateur de haute tension comporte un transformateur à fort gain (40) piloté par un transistor (42) fonctionnant en commutation sous la commande d'un générateur de signaux basse  
25 tension (46) de fréquence fixe déterminée et de rapport cyclique variable.

5. Système de génération de plasma selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte en outre une résistance (48) placée entre un potentiel de masse et la au moins une électrode à fort rayon de  
30 courbure pour mesurer une tension représentative des décharges de courant allant de la au moins une électrode à faible rayon de courbure vers la au moins une électrode à fort rayon de courbure.

6. Système de génération de plasma selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il comporte en outre un transformateur de courant (92) placé dans le circuit électrique (22) d'alimentation des électrodes pour mesurer un courant représentatif des décharges de courant allant de  
35 la au moins une électrode à faible rayon de courbure vers la au moins une électrode à fort rayon de courbure.

40

7. Système de génération de plasma selon les revendications 5 ou 6, caractérisé en ce qu'il comporte en outre un filtre passe haut ou passe bande (50), de façon à ne récupérer dudit signal mesuré (74) que la partie représentative des décharges apparaissant entre les électrodes.

5

8. Système de génération de plasma selon la revendication 7, caractérisé en ce que le signal mesuré et filtré (76) est transformé, sur une période fixe déterminée, par un système de conversion (34) en une tension continue déterminée (82) représentative d'un nombre moyen de décharges électriques.

10

9. Système de génération de plasma selon la revendication 8, caractérisé en ce que ledit nombre moyen de décharges mesuré est régulé par un système de régulation (36) sur une valeur de consigne (38, 80) prédéfinie et correspondant à ladite fréquence moyenne d'apparition des décharges de courant.

15

10. Système de génération de plasma selon la revendication 3, caractérisé en ce que ledit générateur de haute tension comporte un hacheur haute tension (98) distribuant alternativement une haute tension continue positive et une haute tension continue négative à la au moins une électrode à faible rayon de courbure (26) sous la commande d'un générateur de signaux basse tension (46) de fréquence fixe déterminée et de rapport cyclique variable.

20

25

11. Système de génération de plasma selon la revendication 1 ou la revendication 2, caractérisé en ce que le générateur de haute tension est un générateur continu.

30

12. Système de génération de plasma selon la revendication 11, caractérisé en ce que ledit générateur de haute tension comporte un montage redresseur (96) disposé en sortie d'un transformateur à fort gain (40) piloté par un transistor (42) fonctionnant en commutation sous la commande d'un générateur de signaux basse tension (46) de fréquence fixe déterminée et de rapport cyclique variable.

35

13. Système de stérilisation par plasma en présence d'humidité, à pression atmosphérique et à température ambiante, comportant un système de génération de plasma selon l'une quelconque des revendications 1 à 12.

40



1/10

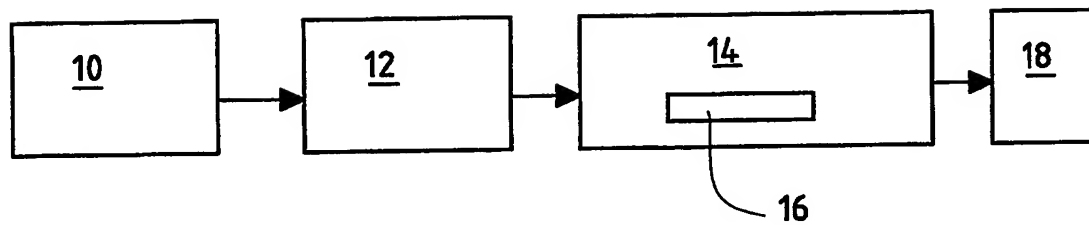


FIG. 1

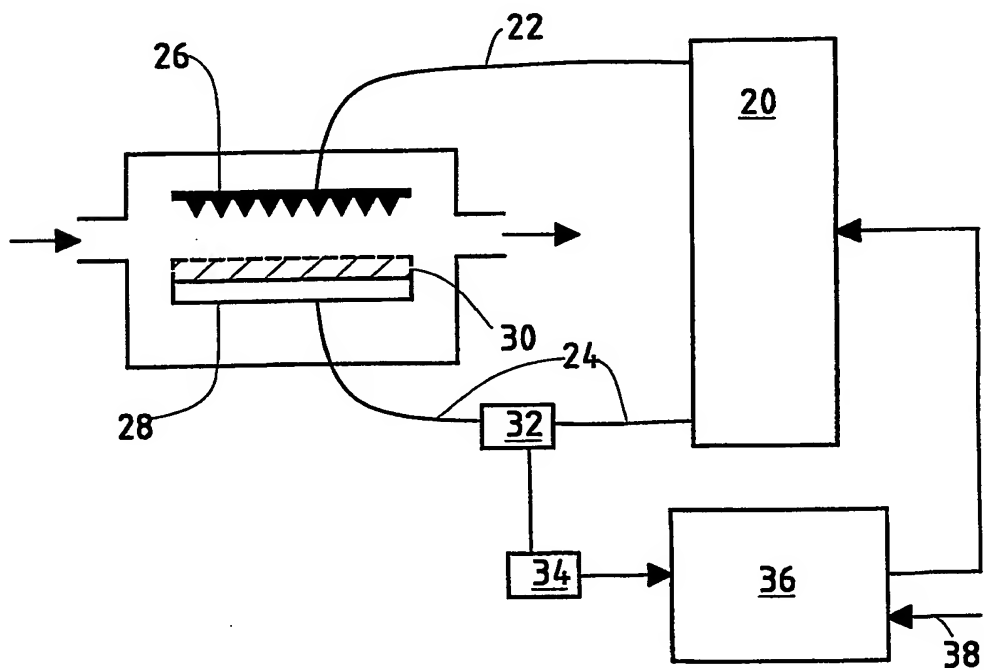


FIG. 2

2/10

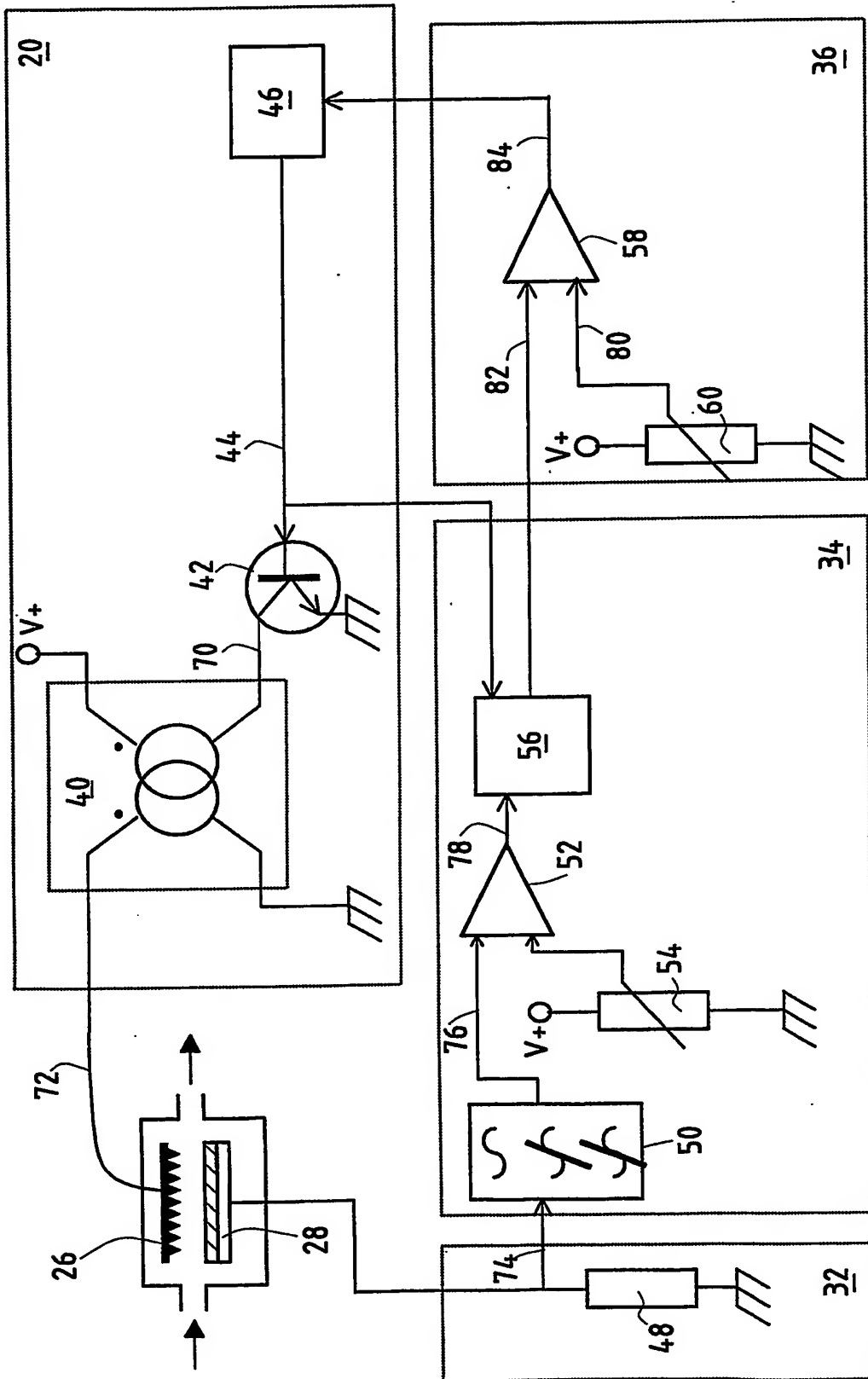


FIG.3

3/10

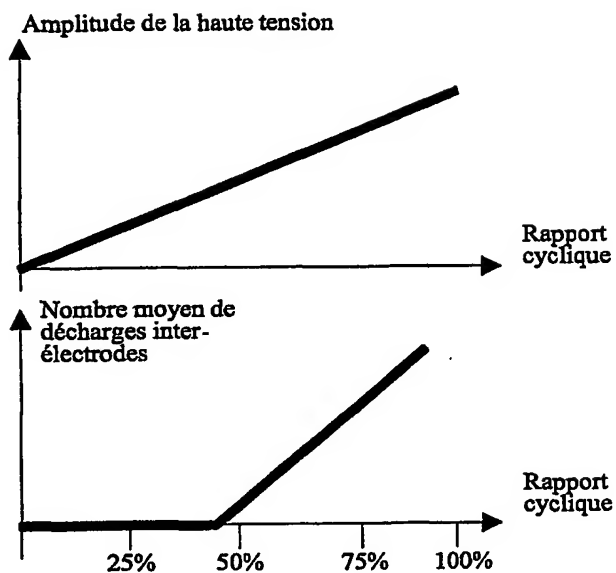
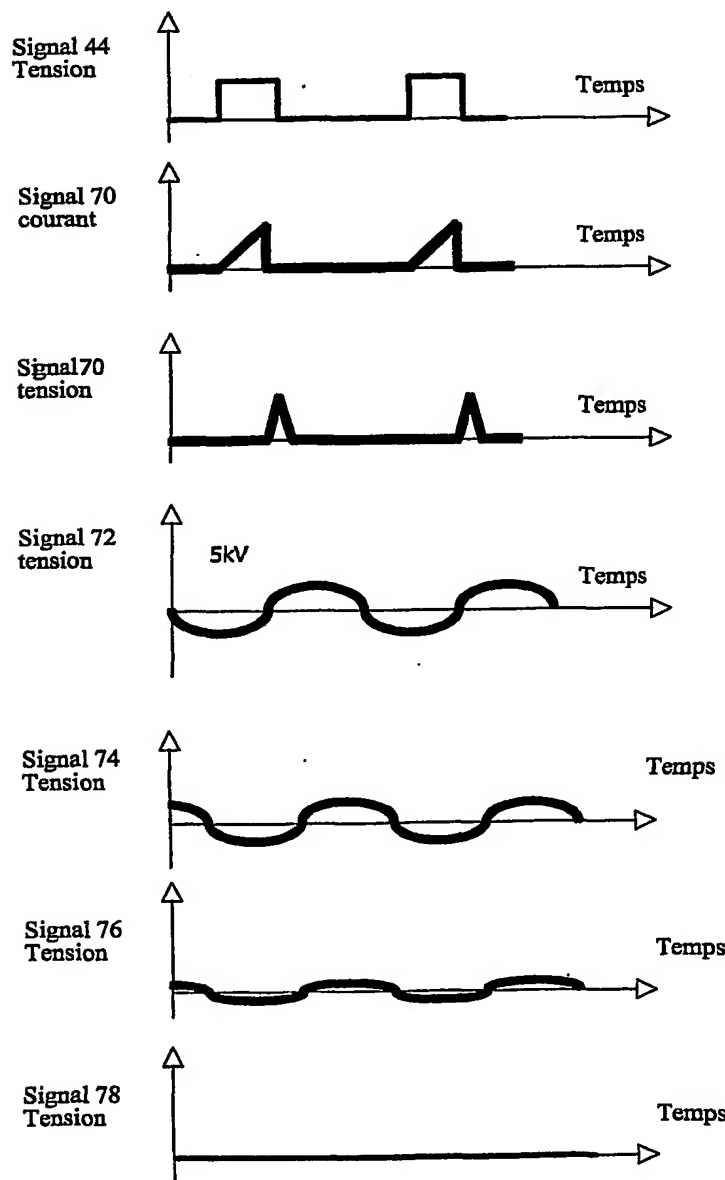


FIG.4

FIG.5A  
Rapport cyclique = 25%

4/10

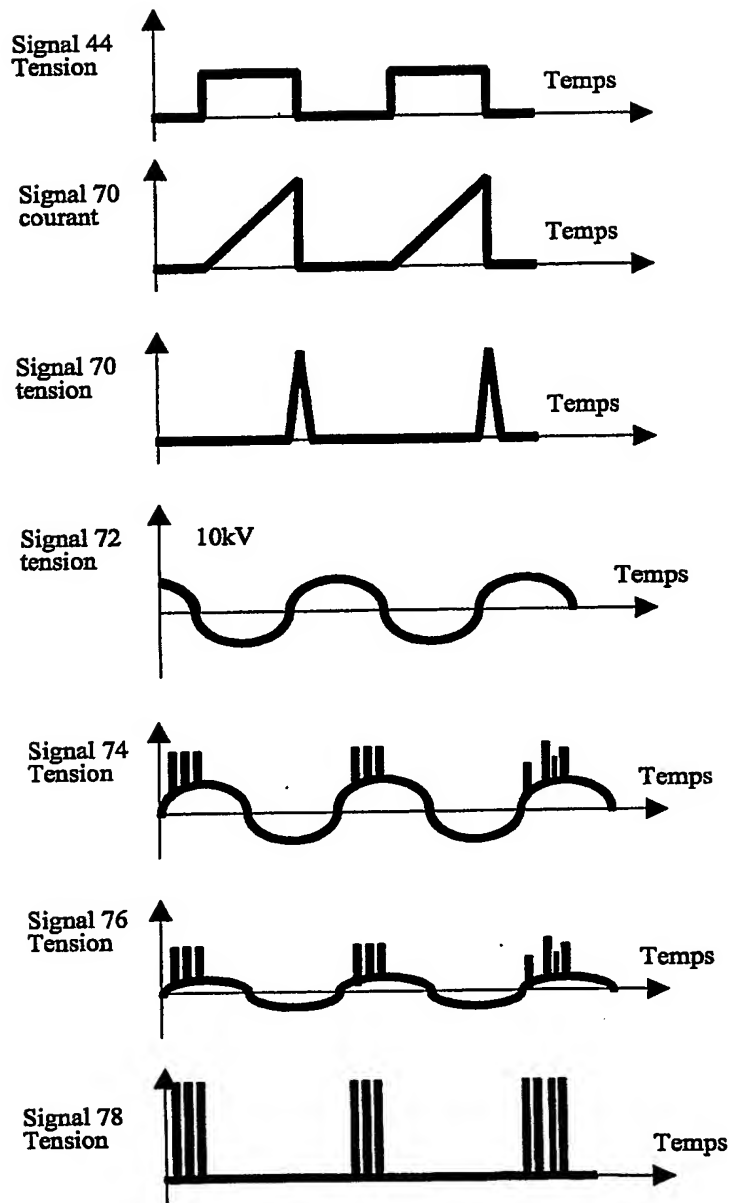
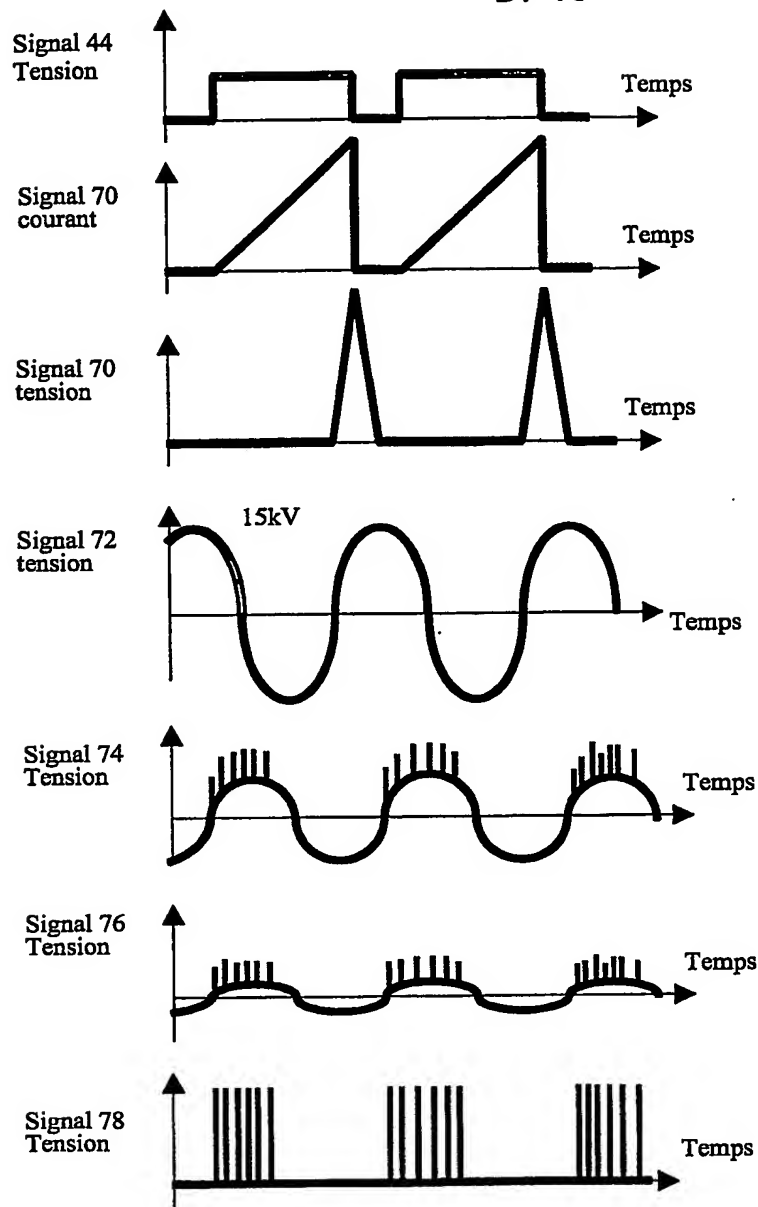


FIG.5B

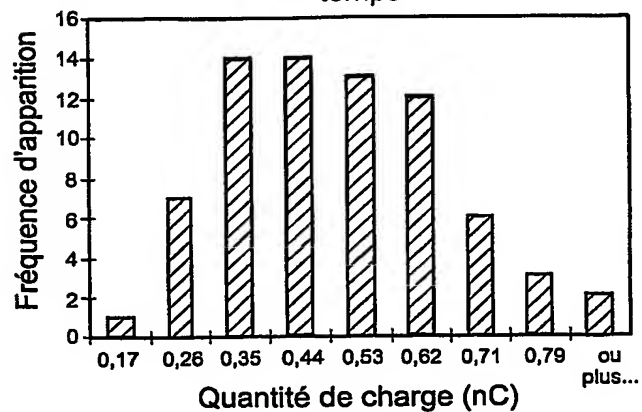
Rapport cyclique = 50%

5/10



**FIG.5C**  
Rapport cyclique = 75%

Distribution de la quantité de charge dans le temps



**FIG.10**

6/10

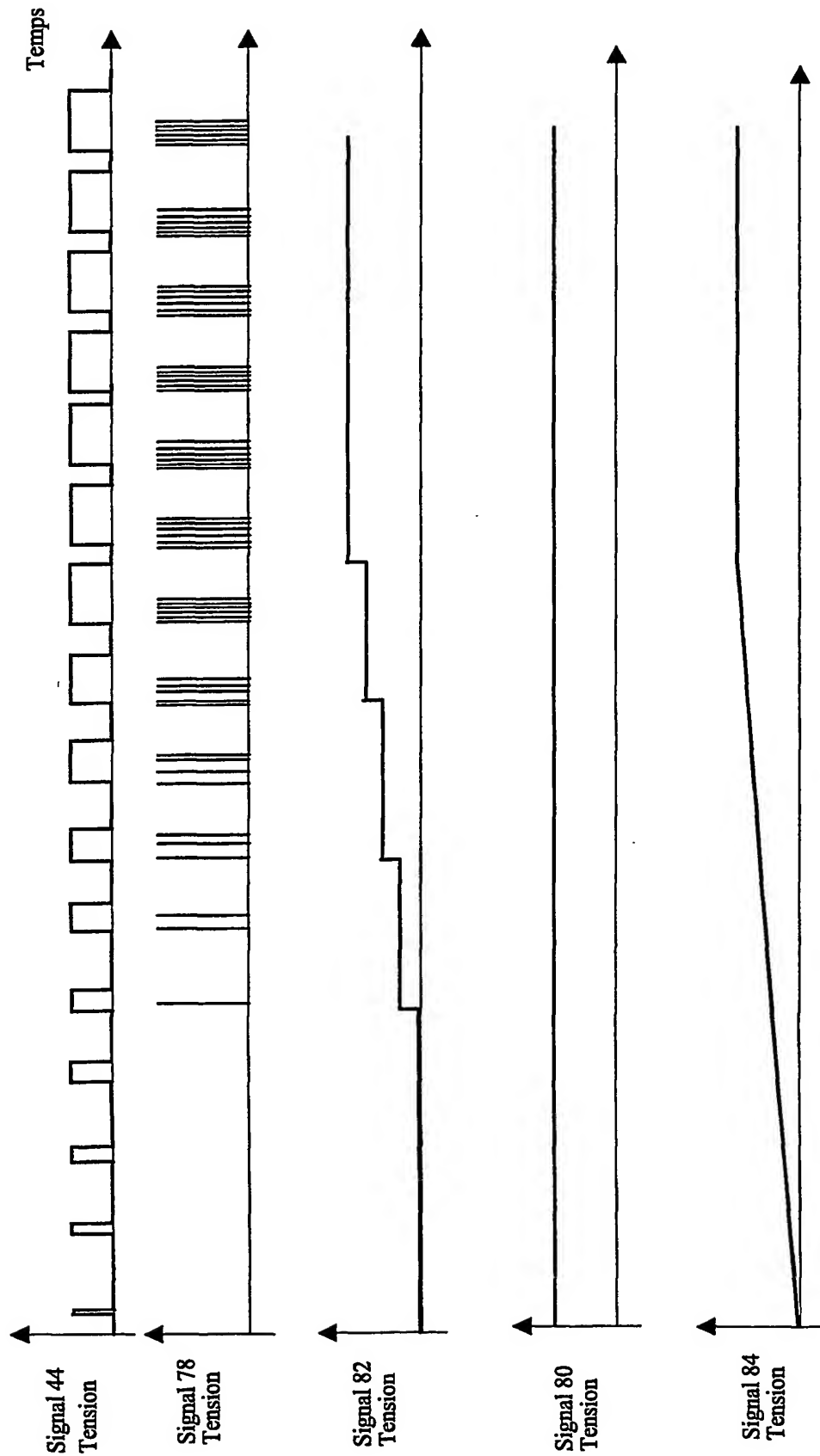


FIG.5D

7/10

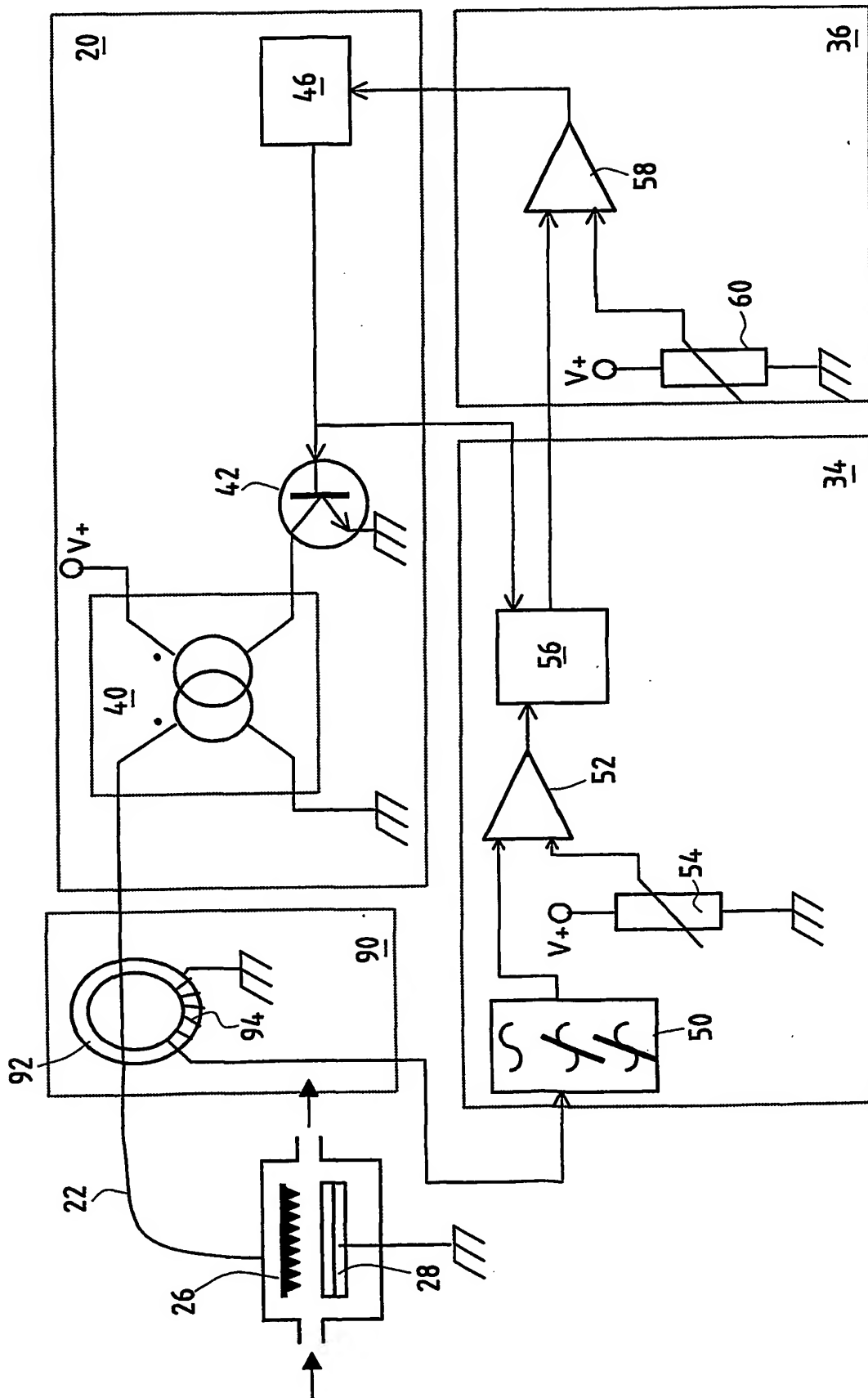


FIG. 6

8/10

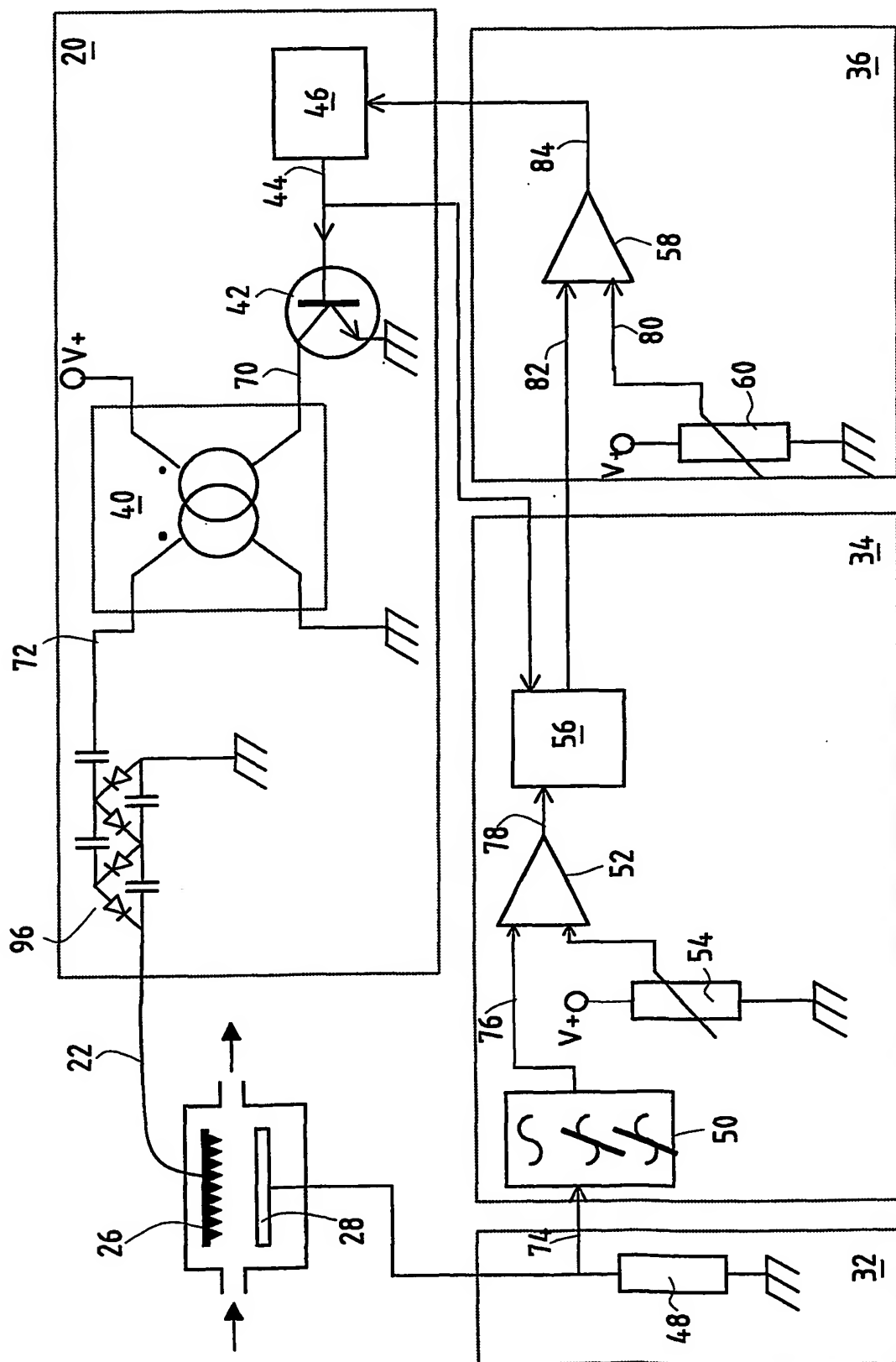


FIG. 7



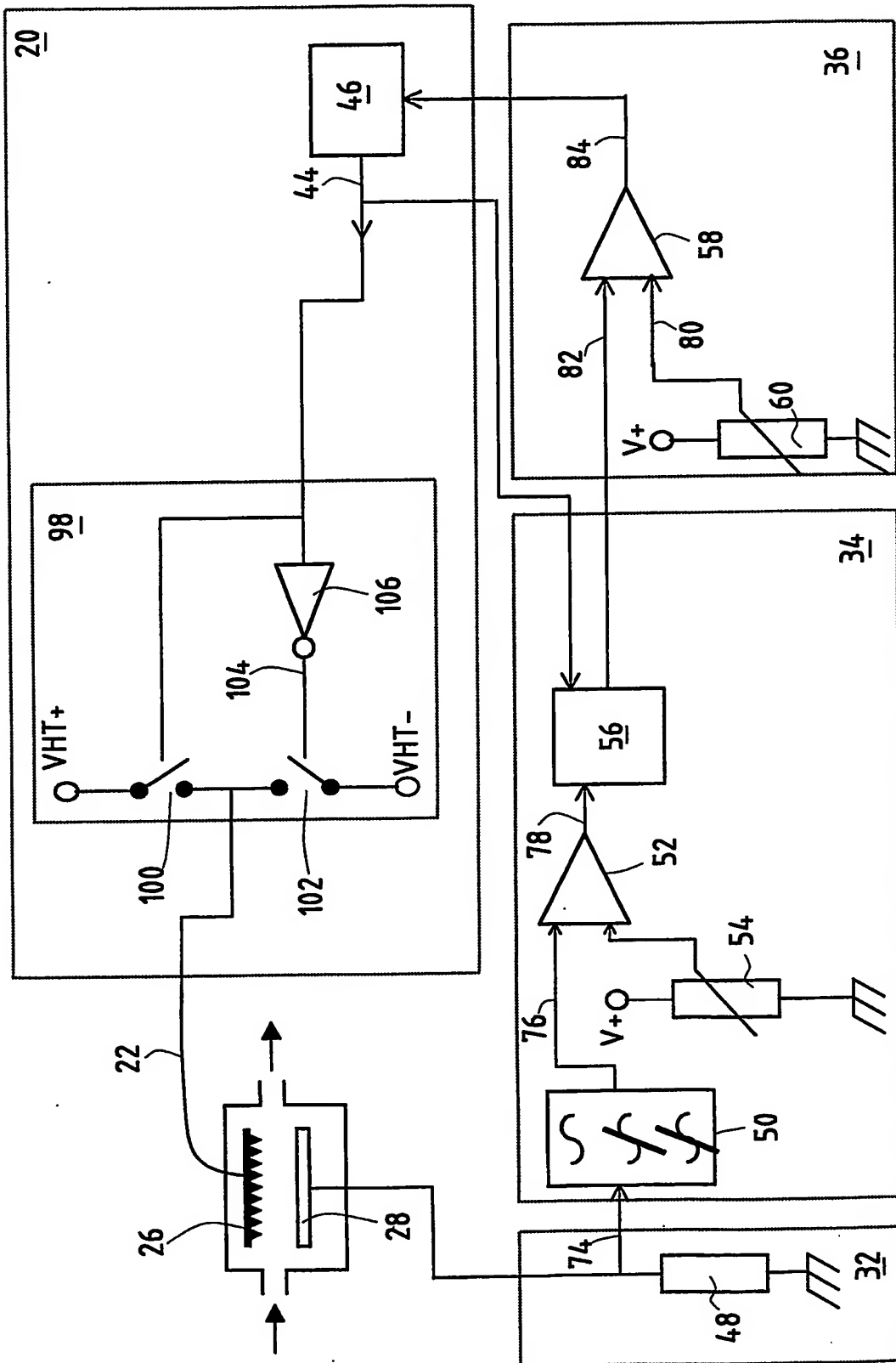


FIG. 8

10/10

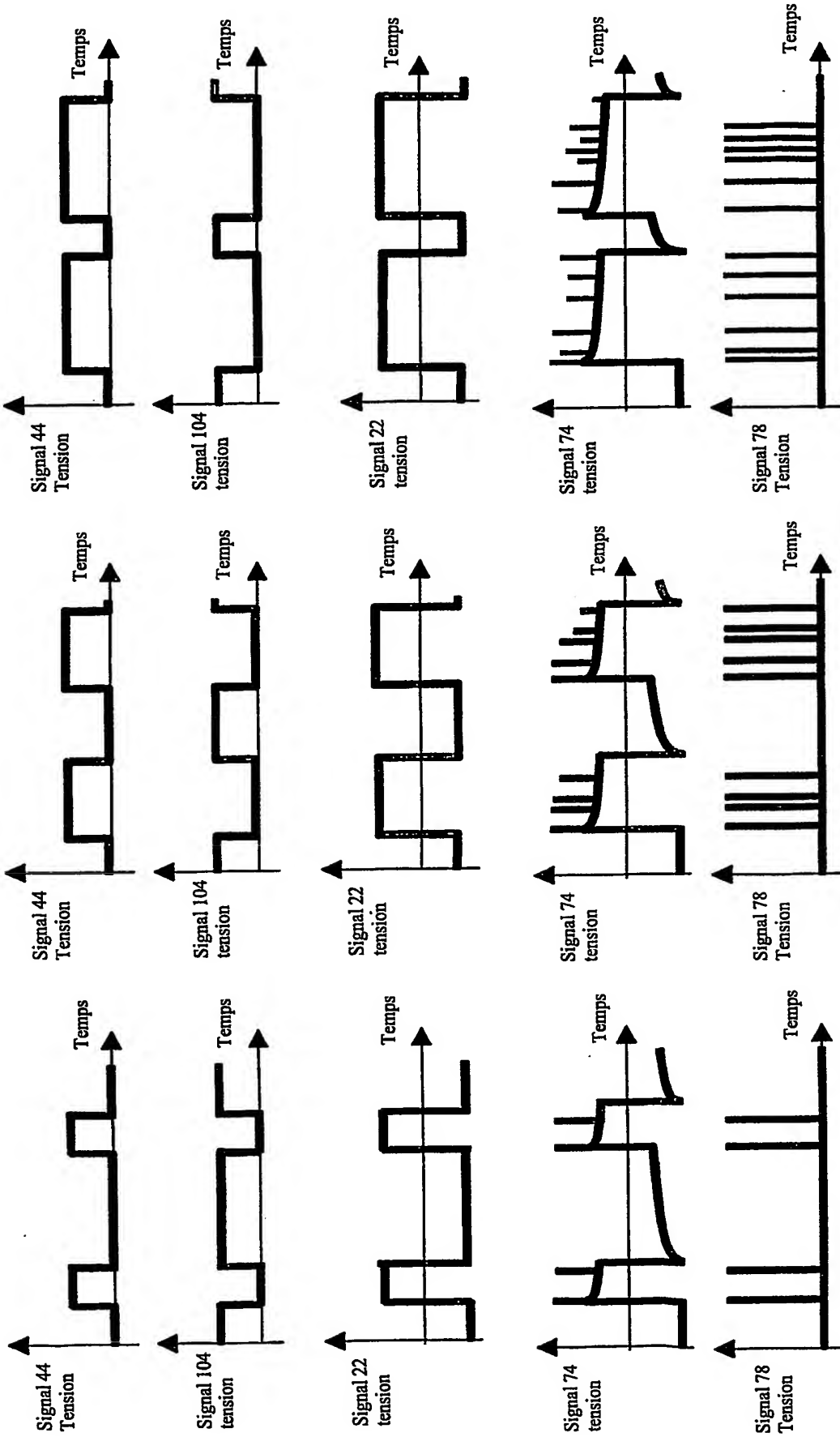


FIG. 9A

Rapport cyclique = 25%

FIG. 9B

Rapport cyclique = 50%

FIG. 9C

Rapport cyclique = 75%

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Classification No

PCT/FR 03/00669

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
IPC 7 H05H1/24

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
IPC 7 H05H H03K

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data, PAJ

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	FR 2 762 524 A (ELECTRICITE DE FRANCE) 30 October 1998 (1998-10-30) page 8, line 33 -page 9, line 8 page 9, line 25 - line 29 page 11, line 21 -page 12, line 7 figure 1	1-3, 13
A	ANDERS A ET AL: "EFFICIENT COMPACT POWER SUPPLY FOR REPETITIVELY PULSED, TRIGGERLESS CATHODIC ARCS" REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, US, vol. 70, no. 12, 1 December 1999 (1999-12-01), pages 4532-4535, XP001003105 ISSN: 0034-6748 page 4532, left-hand column, paragraph 1 -/-	1

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.☒ Patent family members are listed in annex.

## \* Special categories of cited documents:

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

\*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

\*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

\*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.

\*&amp;\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

5 August 2003

Date of mailing of the international search report

13/08/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Capostagno, E

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Publication No

PCT/FR 03/00669

## C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category °	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	WO 01 58223 A (INTEVAC INC) 9 August 2001 (2001-08-09) page 10, line 25 -page 11, line 1 page 14, line 7 - line 11 ----	1, 9
A	FR 2 790 962 A (ABSYS) 22 September 2000 (2000-09-22) cited in the application page 8, line 6 -page 9, line 24 page 13, line 14 -page 15, line 21 ----	1-3, 11-13
A	EP 0 622 875 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 2 November 1994 (1994-11-02) column 18, line 28 - line 51 -----	4

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Publication No

PCT/FR 03/00669

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
FR 2762524	A	30-10-1998	FR 2762524 A1	30-10-1998
WO 0158223	A	09-08-2001	US 6368678 B1	09-04-2002
			AU 3113201 A	14-08-2001
			CN 1397151 T	12-02-2003
			DE 10195251 T0	08-05-2003
			WO 0158223 A1	09-08-2001
FR 2790962	A	22-09-2000	FR 2790962 A1	22-09-2000
			AU 3299200 A	04-10-2000
			EP 1161267 A1	12-12-2001
			WO 0054819 A1	21-09-2000
			JP 2002538896 T	19-11-2002
EP 0622875	A	02-11-1994	JP 3017260 A	25-01-1991
			JP 3018076 A	25-01-1991
			JP 2760059 B2	28-05-1998
			JP 3016634 A	24-01-1991
			EP 0622875 A1	02-11-1994
			DE 69022487 D1	26-10-1995
			DE 69022487 T2	08-02-1996
			DE 69031430 D1	16-10-1997
			DE 69031430 T2	22-01-1998
			EP 0402842 A2	19-12-1990
			US 5150375 A	22-09-1992

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Demande internationale No

PCT/FR 03/00669

**A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE**  
CIB 7 H05H1/24

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

**B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE**

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)  
CIB 7 H05H H03K

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)  
EPO-Internal, WPI Data, PAJ

**C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS**

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	FR 2 762 524 A (ELECTRICITE DE FRANCE) 30 octobre 1998 (1998-10-30) page 8, ligne 33 -page 9, ligne 8 page 9, ligne 25 - ligne 29 page 11, ligne 21 -page 12, ligne 7 figure 1	1-3, 13
A	ANDERS A ET AL: "EFFICIENT COMPACT POWER SUPPLY FOR REPETITIVELY PULSED, TRIGGERLESS CATHODIC ARCS" REVIEW OF SCIENTIFIC INSTRUMENTS, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS. NEW YORK, US, vol. 70, no. 12, 1 décembre 1999 (1999-12-01), pages 4532-4535, XP001003105 ISSN: 0034-6748 page 4532, colonne de gauche, alinéa 1 -/-	1

☒ Voir la suite du cadre C pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

\* Catégories spéciales de documents cités:

- \*A\* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- \*E\* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- \*L\* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- \*O\* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- \*P\* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

- \*T\* document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention
- \*X\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément
- \*Y\* document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier
- \*Z\* document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

5 août 2003

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

13/08/2003

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale  
Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Capostagno, E

## C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	WO 01 58223 A (INTEVAC INC) 9 août 2001 (2001-08-09) page 10, ligne 25 -page 11, ligne 1 page 14, ligne 7 - ligne 11 ----	1,9
A	FR 2 790 962 A (ABSYS) 22 septembre 2000 (2000-09-22) cité dans la demande page 8, ligne 6 -page 9, ligne 24 page 13, ligne 14 -page 15, ligne 21 ----	1-3, 11-13
A	EP 0 622 875 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP) 2 novembre 1994 (1994-11-02) colonne 18, ligne 28 - ligne 51 -----	4

# RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs aux membres et familles de brevets

Demande internationale No

PCT/FR 03/00669

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2762524	A	30-10-1998	FR 2762524 A1	30-10-1998
WO 0158223	A	09-08-2001	US 6368678 B1	09-04-2002
			AU 3113201 A	14-08-2001
			CN 1397151 T	12-02-2003
			DE 10195251 T0	08-05-2003
			WO 0158223 A1	09-08-2001
FR 2790962	A	22-09-2000	FR 2790962 A1	22-09-2000
			AU 3299200 A	04-10-2000
			EP 1161267 A1	12-12-2001
			WO 0054819 A1	21-09-2000
			JP 2002538896 T	19-11-2002
EP 0622875	A	02-11-1994	JP 3017260 A	25-01-1991
			JP 3018076 A	25-01-1991
			JP 2760059 B2	28-05-1998
			JP 3016634 A	24-01-1991
			EP 0622875 A1	02-11-1994
			DE 69022487 D1	26-10-1995
			DE 69022487 T2	08-02-1996
			DE 69031430 D1	16-10-1997
			DE 69031430 T2	22-01-1998
			EP 0402842 A2	19-12-1990
			US 5150375 A	22-09-1992